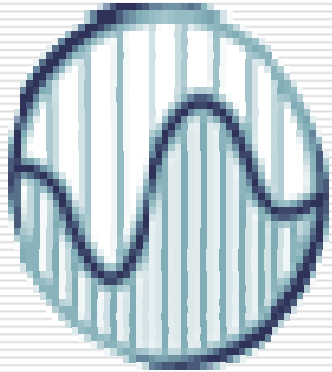
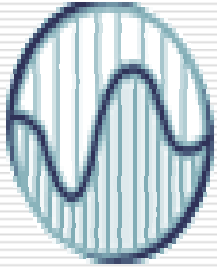




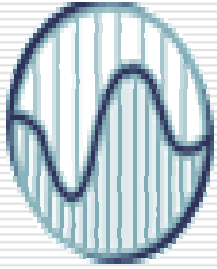
Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

СИСТЕМ ЗА ДОВОД ВАЗДУХА



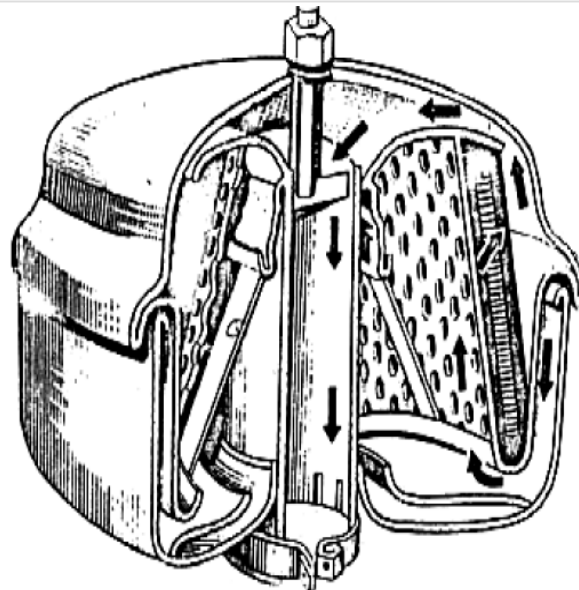
Намена, врсте и елементи

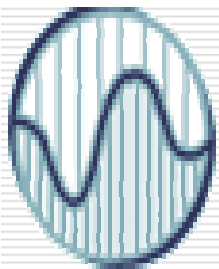
- Систем за довод ваздуха треба да обезбеди снабдевање мотора пречишћеним ваздухом у свим условима употребе
- Врсте:
 - Усисни: довод ваздуха под дејством потпритиска из мотора
 - Натпуњени: довод ваздуха под притиском већим од атмосферског
- Елементи:
 - Пречистач за ваздух
 - Усисне цеви
 - Систем за натпуњење (код натпуњених мотора)



Пречистач ваздуха

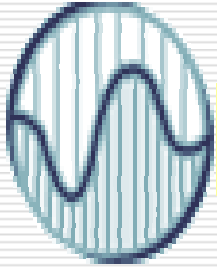
- Обезбеђује пречишћавање усног ваздуха уз минималне отпоре
- Врсте:
 - Суви пречистач са заменљивим улошком
 - Вишестепени „мокри“ пречистач ваздуха





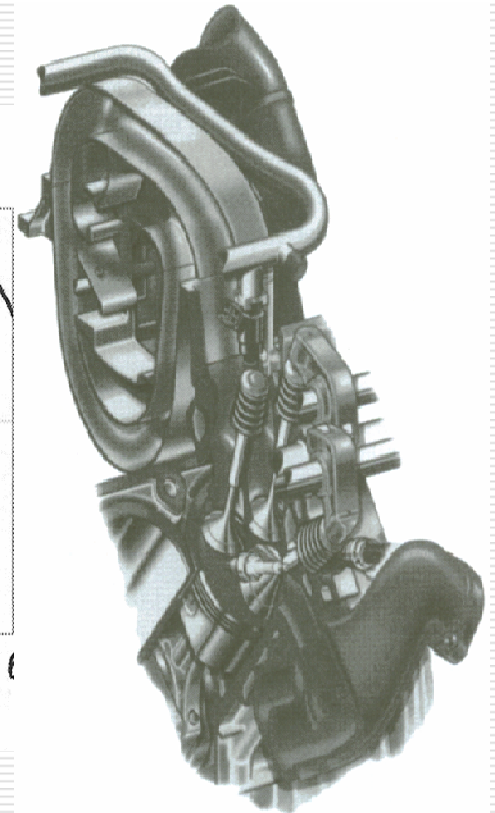
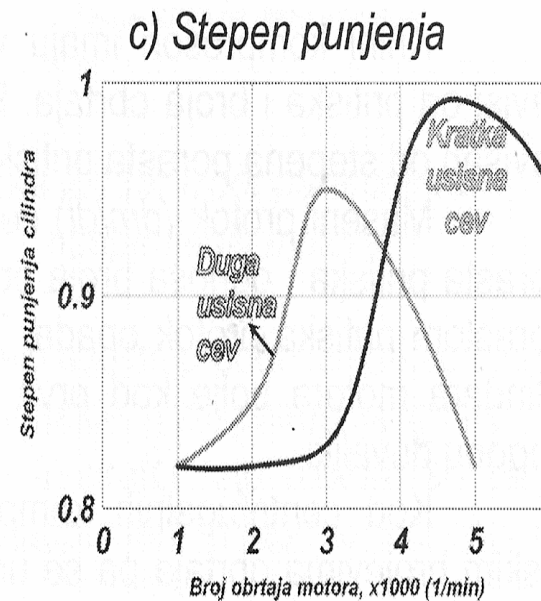
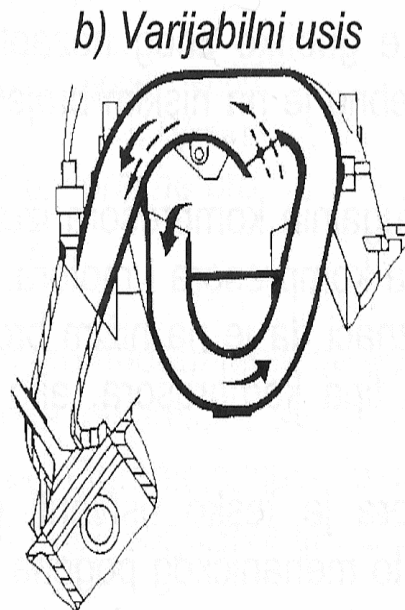
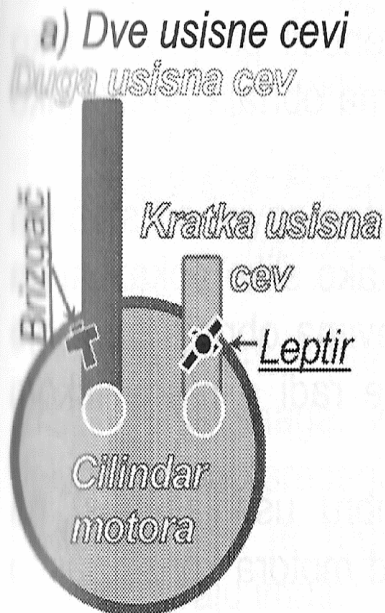
Системи за довод ваздуха са натпуњењем

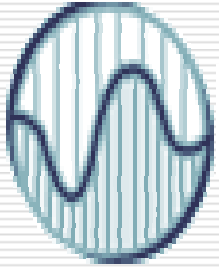
- Основни циљ: **повећање снаге мотора без повећања радне запремине**
- Начини повећања снаге
 - Повећањем броја обртаја (повећање инерцијалних сила и губитака услед трења са квадратом броја обртаја)
 - Повећањем специфичног ефективног рада – натпуњењем (повећана механичка и термичка оптерећења мотора)
- Врсте:
 - Природно (акустичко): коришћење гасодинамичких појава у усисном (и издувном) систему: *инерциони, таласни и резонантни ефекти*
 - Принудно: помоћу компресора



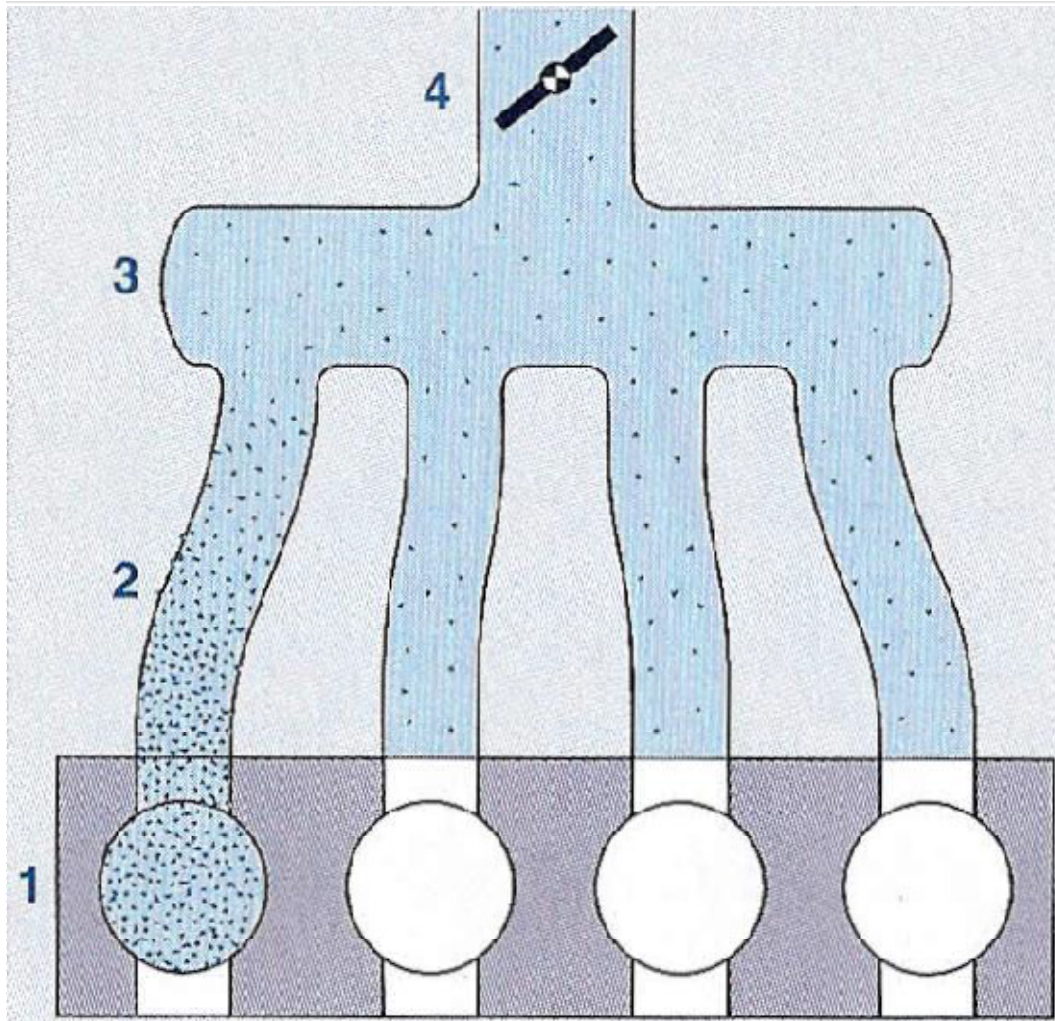
Акустично натпуњење ото мотора

- Усаглашавање дужина усисних цеви са шемом развода и бројем обртаја мотора (вишим бројевима обртаја одговарају кратке усисне цеви)

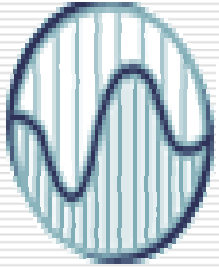




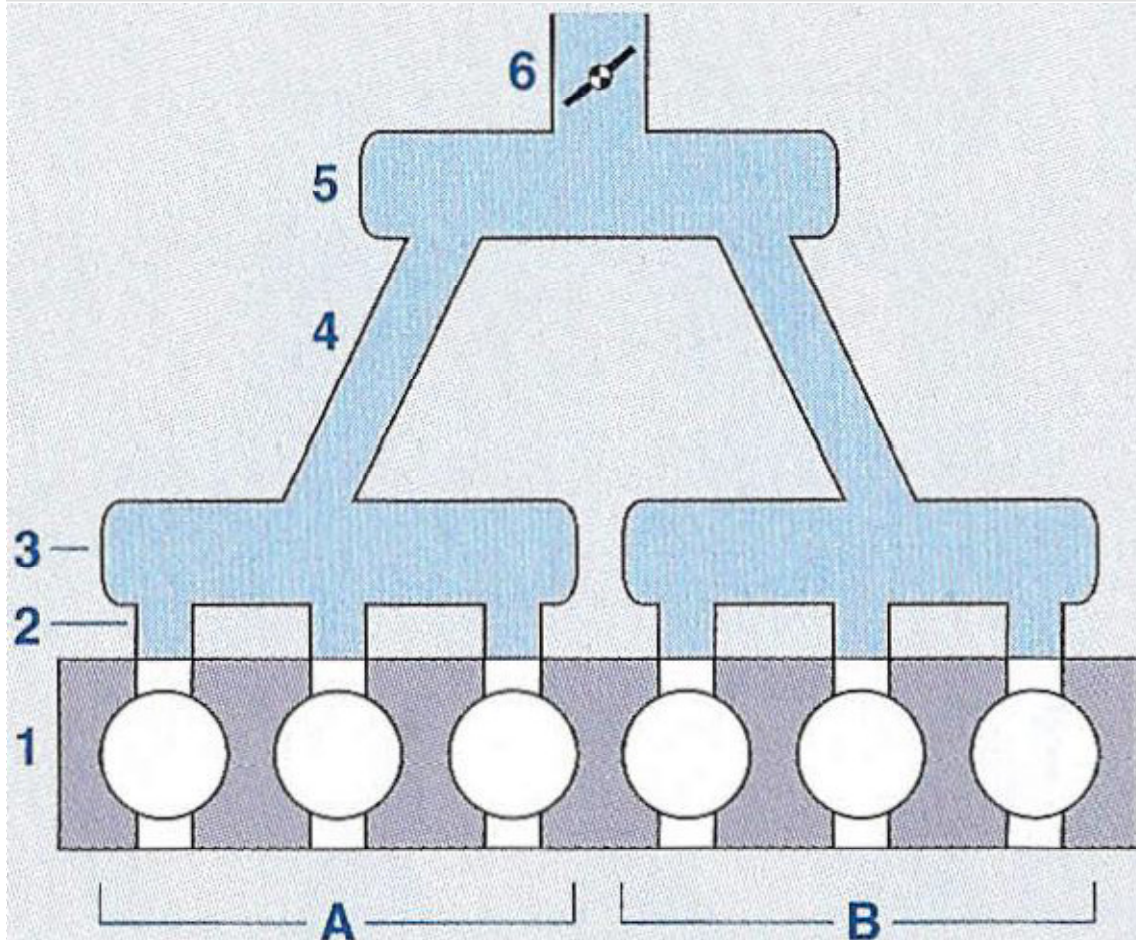
Динамичко пуњење цилиндара



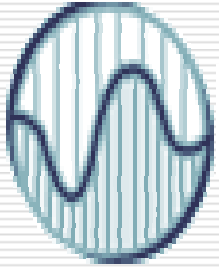
- ❑ Дужина и пречник индивидуалних резонантних цеви одговарају времену отварања вентила.
- ❑ Дуже цеви одговарају нижим бројевима обртаја мотора
- ❑ Краће цеви одговарају вишим бројевима обртаја мотора



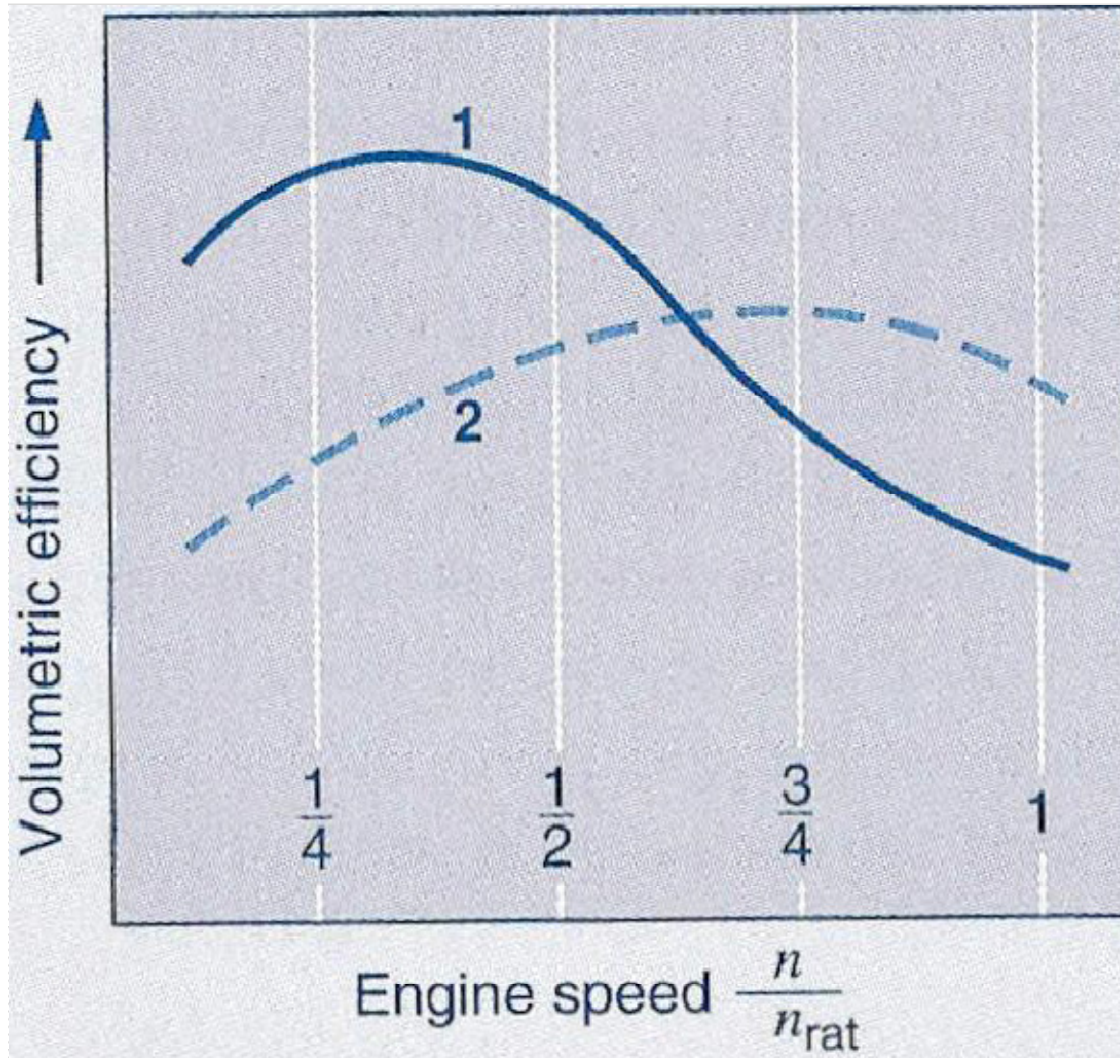
Динамичко пуњење цилиндара



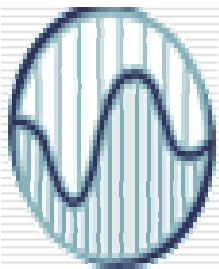
- За дати број обртаја мотора, периодично кретање појединачног клипа изазива вибрацију ваздуха који се усисава на резонантној фреквенцији чиме се повећава ефекат пуњења цилиндра.
- Подела у две групе цилиндара спречава преклапање процеса пуњења два суседна цилиндра.



Динамичко пуњење цилиндара



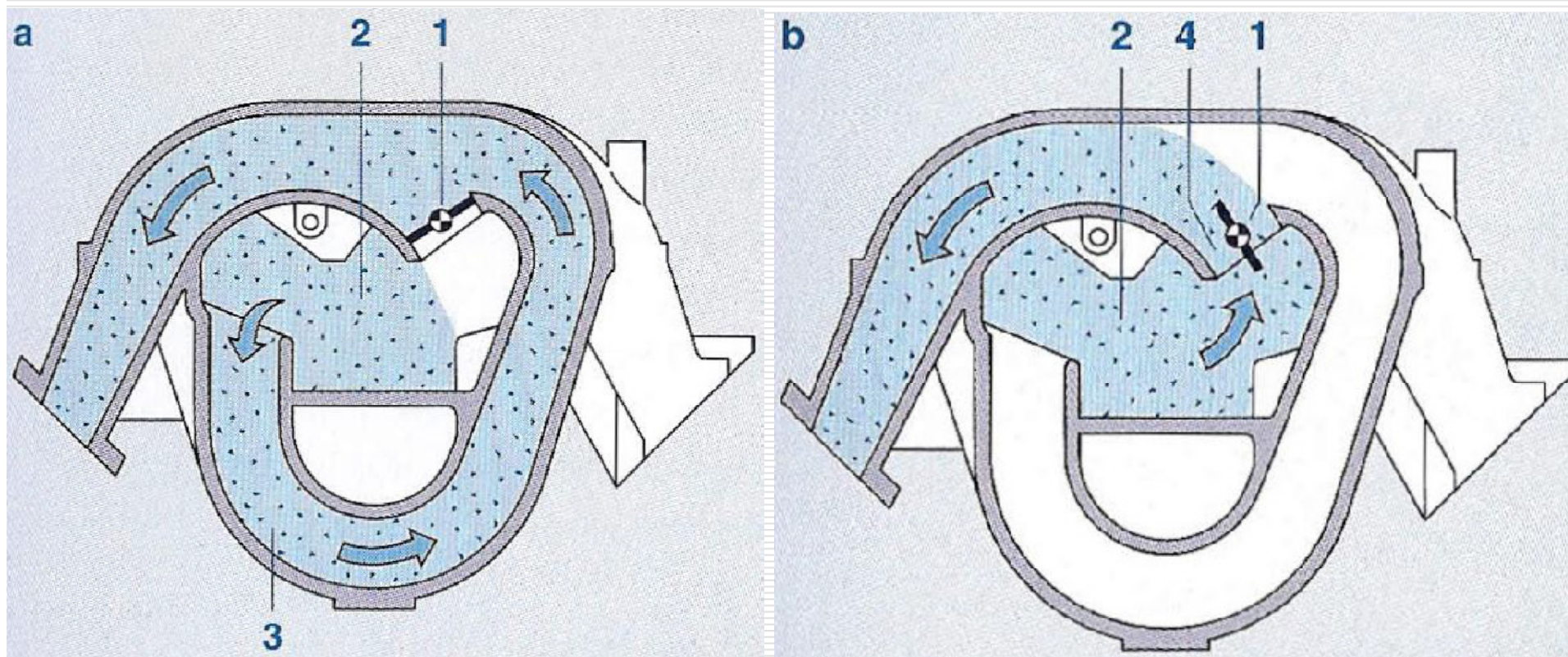
1. Систем са подешавајућим притиском пуњења
2. Систем са конвенционалним системом пуњења

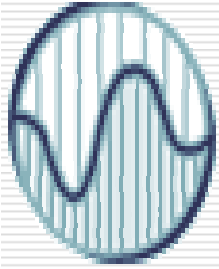


Динамичко пуњење цилиндра

Променљива геометрија усиса (варијабилни усис)

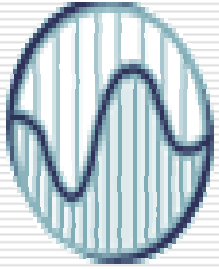
- ❑ Нижи бројеви обртаја мотора – засун (1) је затворен и ваздух улази дужим путем у цилиндар.





Надпуњење цилиндара

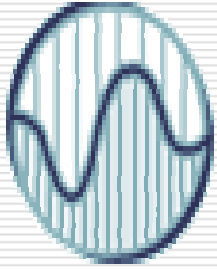
- ❑ МЕХАНИЧКИ КОМПРЕСОРИ –
SUPERCHARGE
- ❑ ТУРБО КОМПРЕСОРИ



МЕХАНИЧКИ КОМПРЕСОРИ

Различите изведбе механичких компресора:

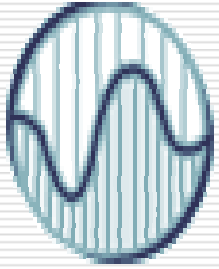
- ☐ Root-ов (Рутсов) компресор
- ☐ Крилни
- ☐ Спирални
- ☐ Вијчани
- ☐ Центрифугални (радијални)



Two Lobe Roots Pump

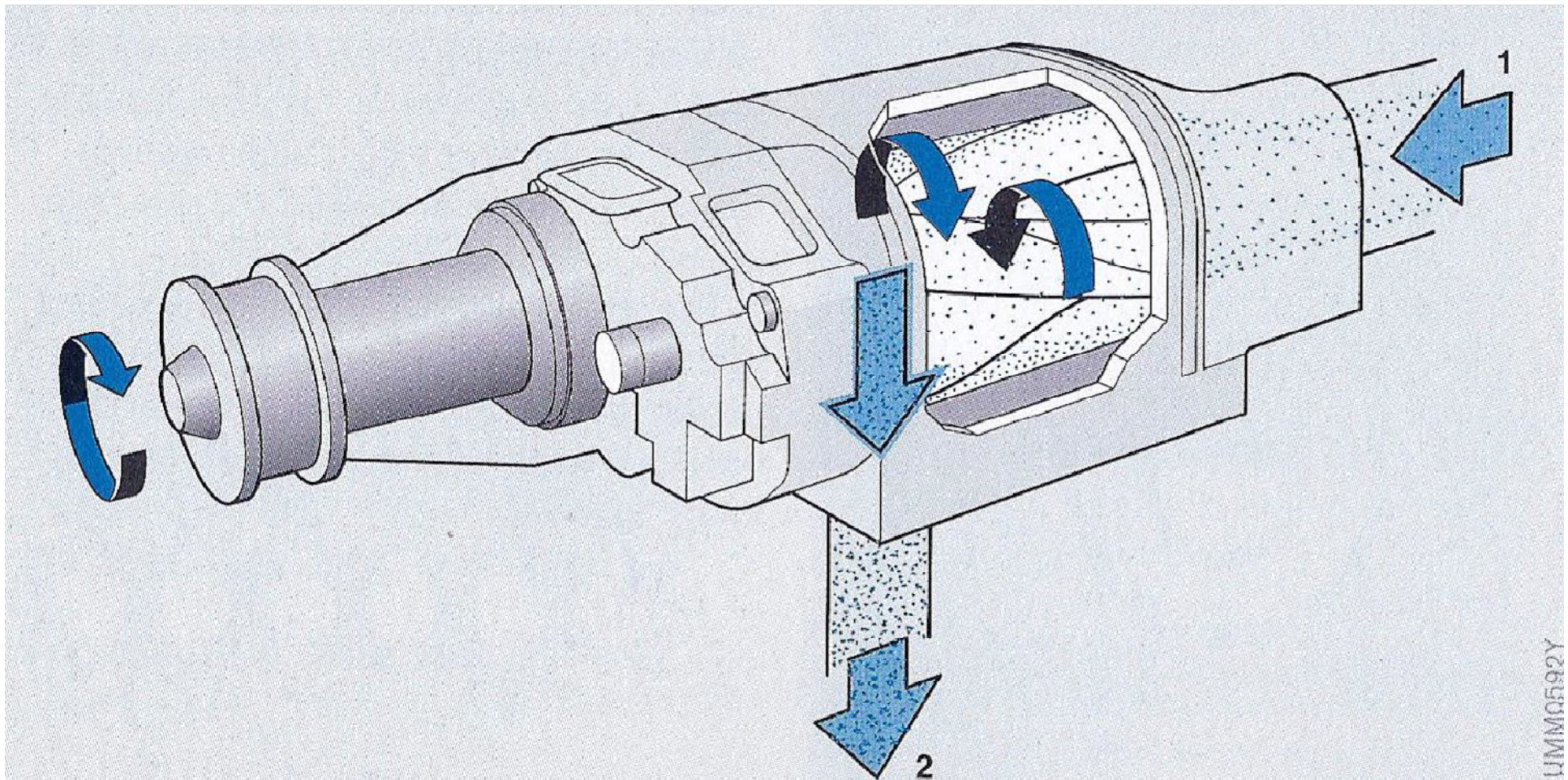
by

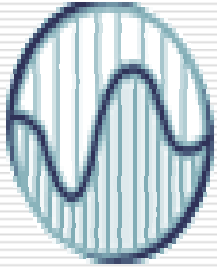
www.mekanizmalar.com



МЕХАНИЧКИ КОМПРЕСОРИ

Вијчани компресор





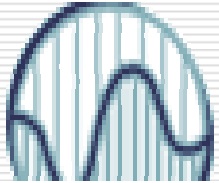
МЕХАНИЧКИ КОМПРЕСОРИ

ПРЕДНОСТИ:

- ❑ Због директне везе са КВ нема одложеног пуњења
- ❑ У поређењу са турбокомпресорима, крива момента је већа и динамички одзив мотора је бољи

НЕДОСТАЦИ:

- ❑ Погон се добија од КВ па је и потрошња већа



Принудно натпуњење ото мотора

□ Клипни компресор:

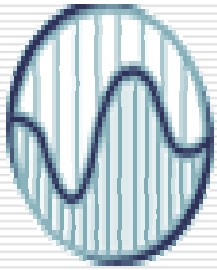
- велики губици са порастом броја обртаја
- Примена код двотактних мотора са испирањем преко картера

□ Крилни компресор (Рутсов компресор)

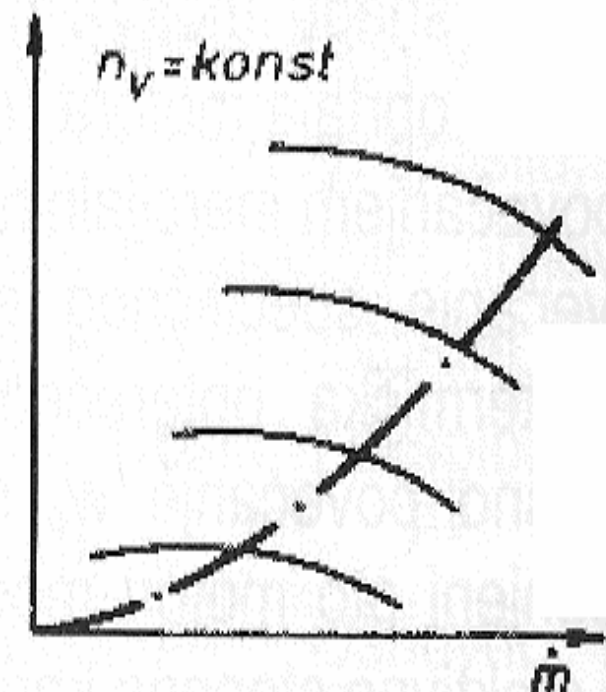
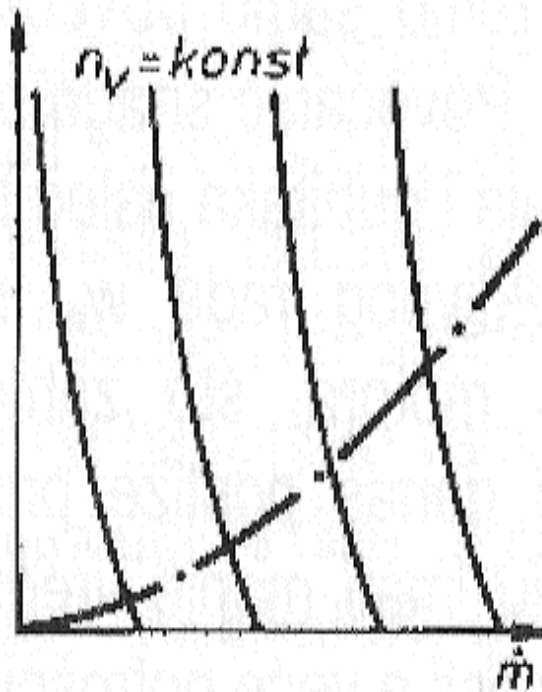
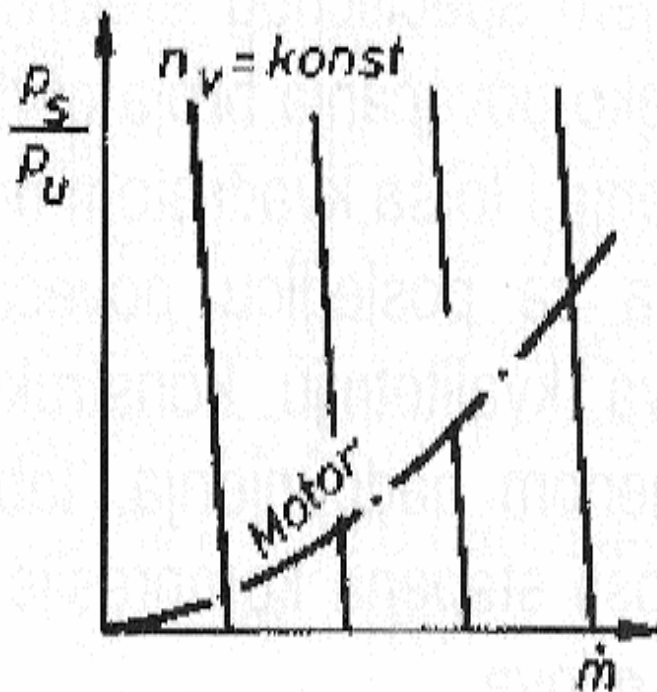
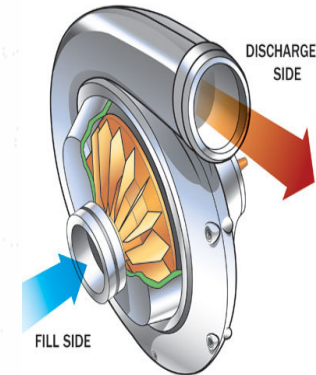
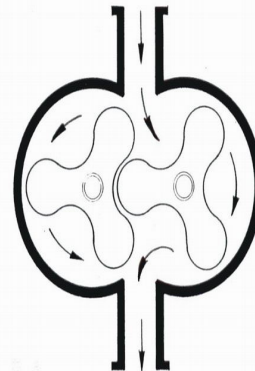
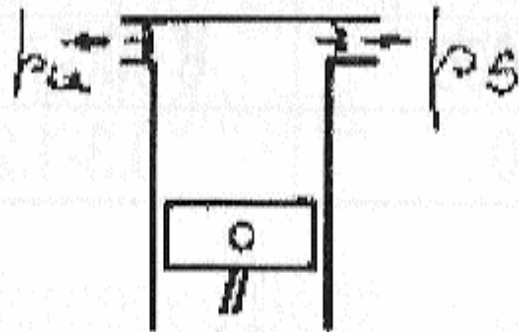
- Велики губици због незаптивености,
- Проток јако зависи од притиска и броја обртаја, посебно на ниским бројевима обртаја

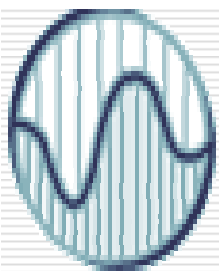
□ Центрифугални (турбински) компресор

- Обезбеђује боље пуњење цилиндра на нижим бројевима обртаја од претходна два у случају механичког погона
- Тешко остварити усаглашеност мотора и компресора на ниским бројевима обртаја (боље решење је погон гасном турбином на издувне гасове – турбокомпресорско натпуњење)

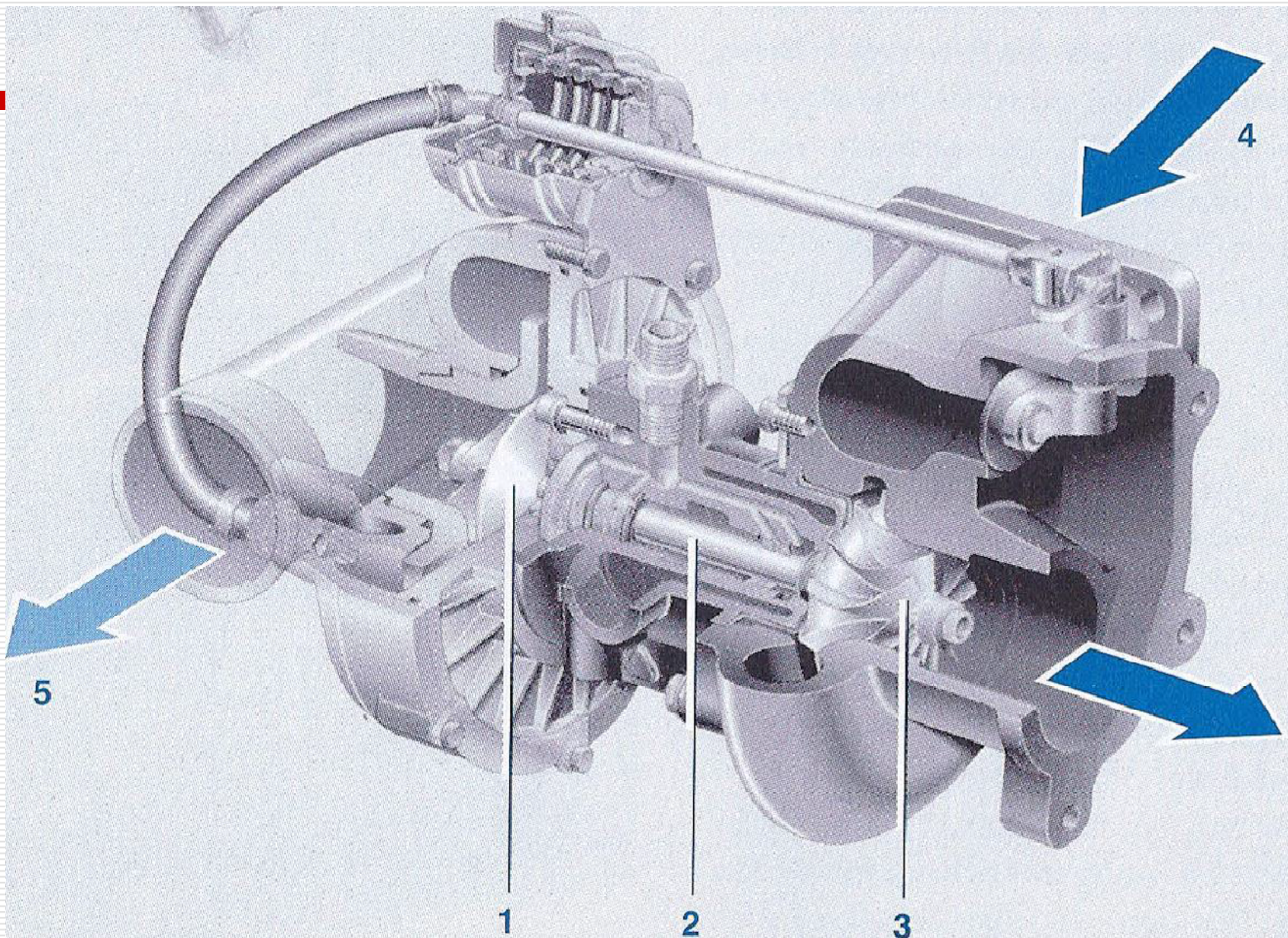


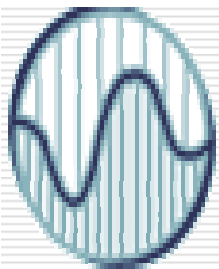
Принудно натпуњење ото мотора



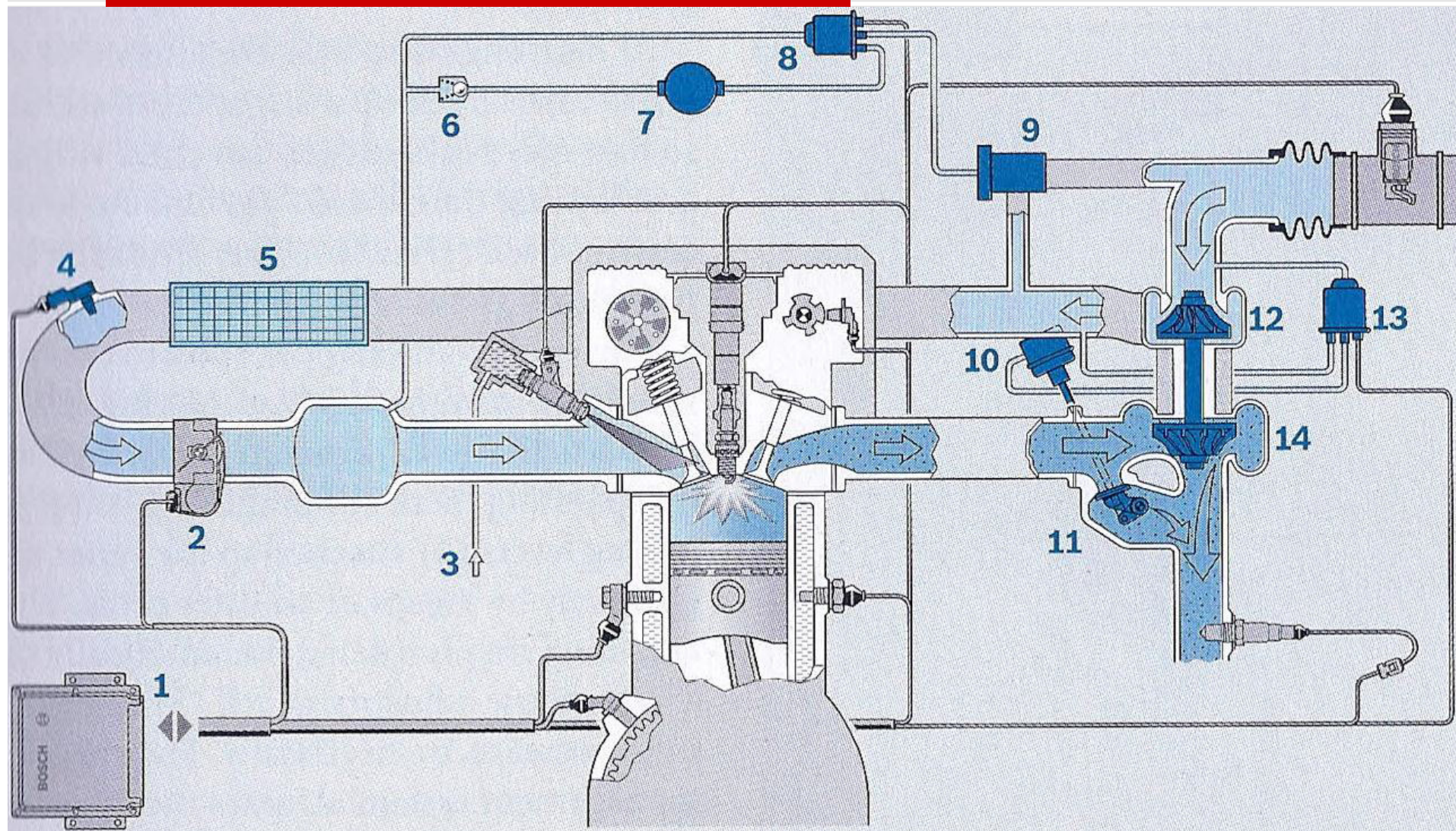


ТУРБО КОМПРЕСОРИ

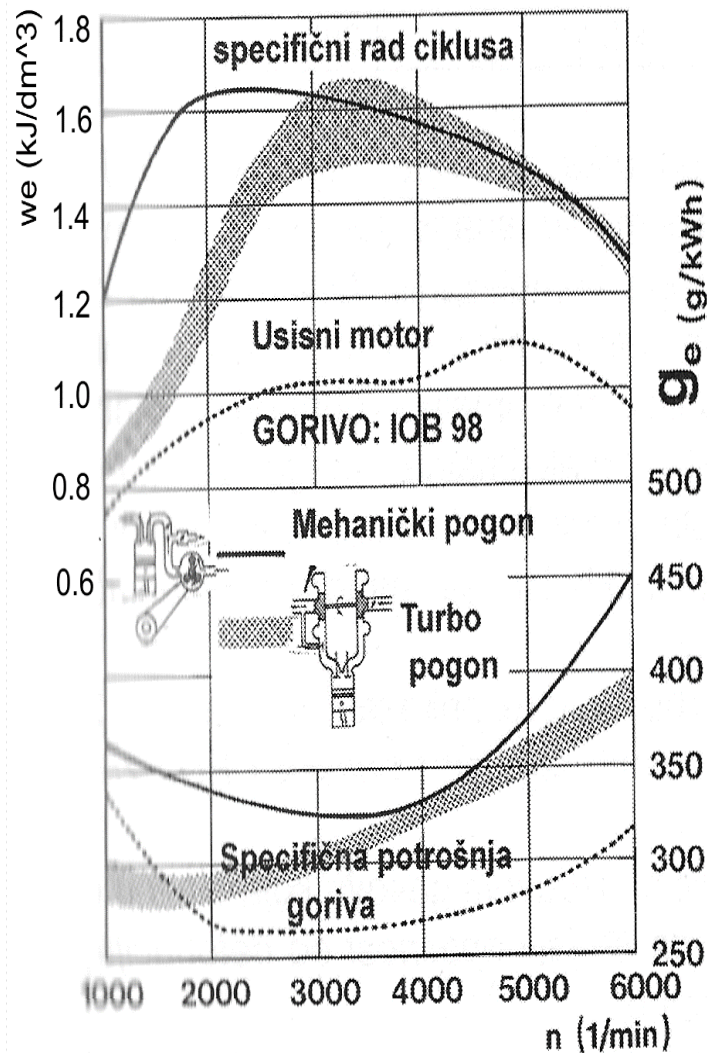




ТУРБО КОМПРЕСОРИ



Карактеристике натпуњења ото мотора

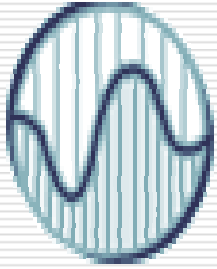


- Механички погон компресора: највиша потрошња горива, али најбоља динамичност на ниским бројевима обртаја
- Степен натпуњења зависи од: *температуре иза компресора, састава смеше и квалитета горива (ИОБ): обавезно међухлађење ваздуха*
- Турбо-компресорско надпуњење: *Изразито виша снага, висока динамичка својства и донекле нижа потрошња горива на делимичним оптерећењима (проблем сагоревање)*
- Захтеви за натпуњене моторе
 - Коригован степен компресије и строго прописан квалитет горива
 - Контрола пристиска натпуњења и температуре смеше
 - Прецизнији састав и развод смеше
 - Перманентна контрола радног процеса
- Максимални притисак натпуњења до 800 мбар, температура издувних гасова на уласку у турбину $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, максималан притисак гасова на уласку у турбину 1500 мбар
- Број обртаја до 250000 о/мин
- Мах број обртаја за заштиту мотора и турбине



Карактеристике надпуњења ото мотора

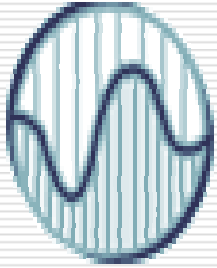
- ❑ Опасност од појаве детонације стално присутна (и на ниским и на високим бројевима обртаја).
- ❑ Највећа опасност од појаве детонације је на линији мах обртног момента (при ниским бројевима обртаја).
- ❑ Динамичност и максимална снага се контролишу ограничавањем притиска надпуњења.
- ❑ Кључну функцију за регулацију има преливни вентил.



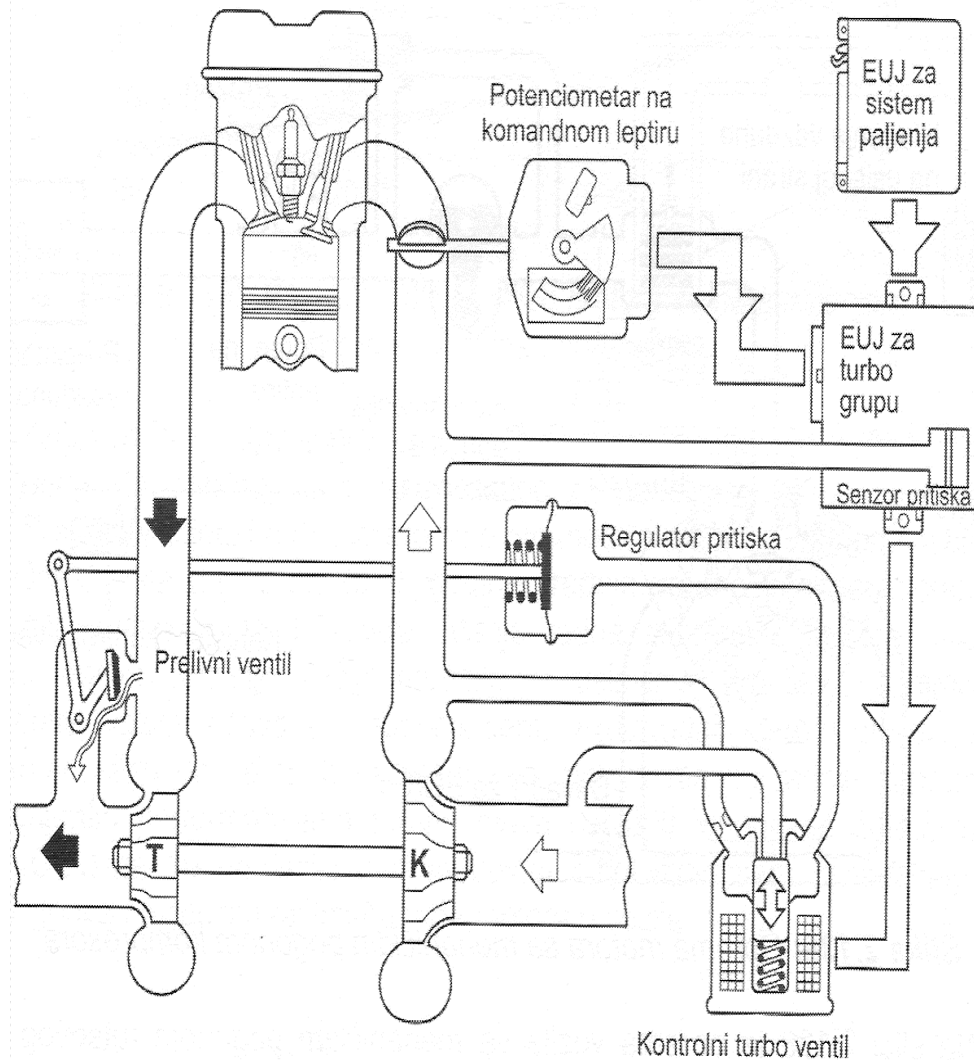
Регулациони уређаји турбо групе

Неопходни регулациони уређаји за турбо моторе су:

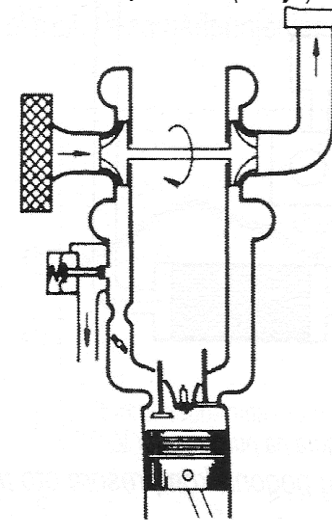
- преливни вентил (Waste Gate) – контролише количину издувних гасова која улази у гасну турбину.
 - Чим је притисак из компресора висок (опасност од детонација) овај вентил смањује количину гасова на улазу у турбину.
- контролни турбо вентил – када магнетни део вентила није активиран онда се прекида веза од вентила до улазног канала у турбину.
- регулатор притиска – је под дејством притиска иза компресора.
- EUJ за турбо групу са сензором притиска на себи.



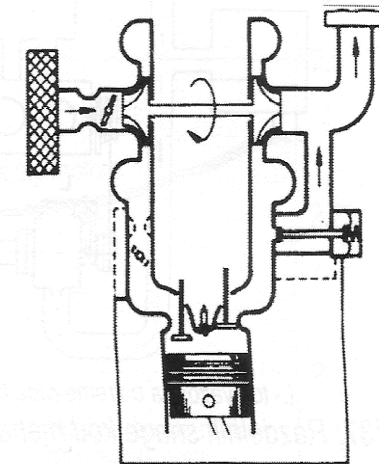
Регулациони уређаји турбо групе



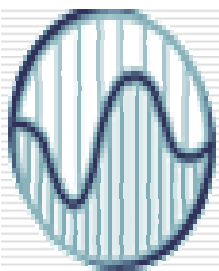
a) Na strani kompresora (ranije)



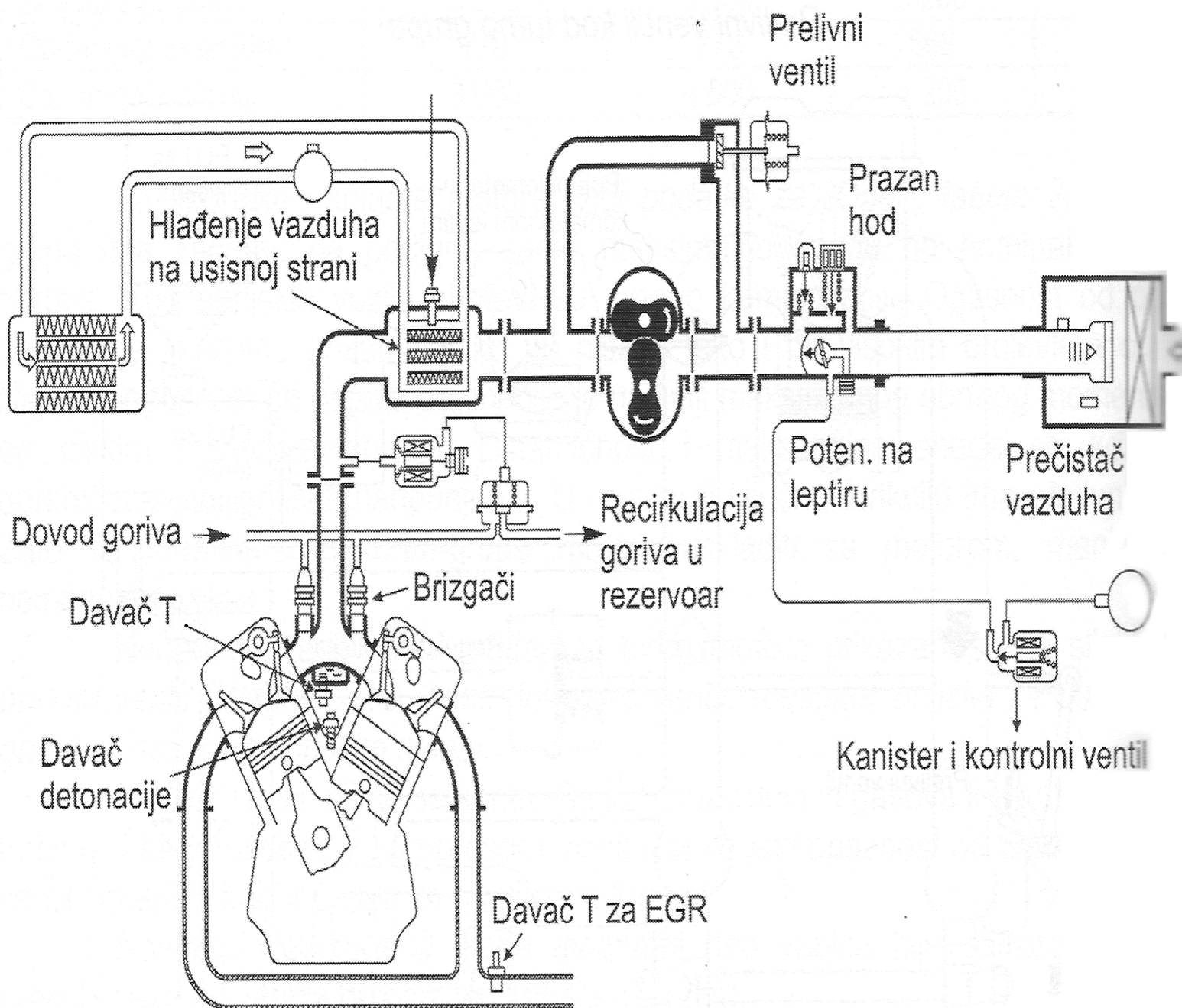
b) Na strani turbine (danas)

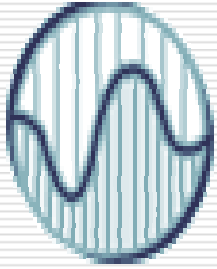


Prelivni ventili kod turbo grupa



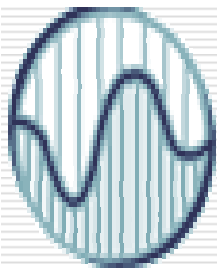
Механички погон компресора



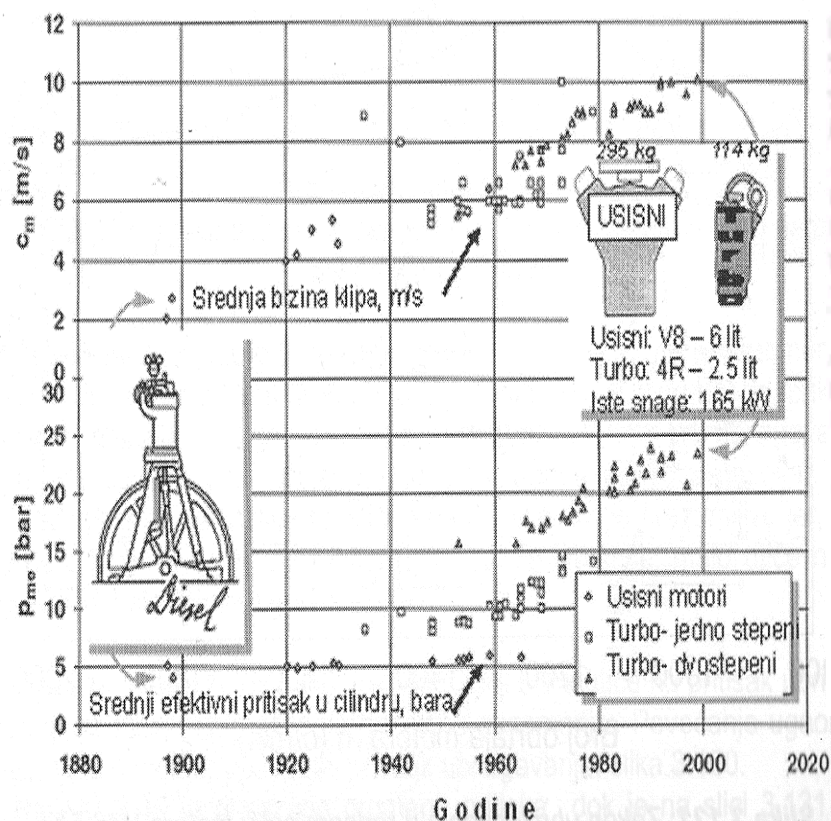


Механички погон компресора

-
- ❑ Врло мало возила са механичким надпуњењем у серијској примени.
 - ❑ Рутсов крилни компресор имају Daimler, FIAT и неколико јапанских фирми.
 - ❑ G-Lader (ексцентричну дубаљку) има VW.
 - ❑ Предност механичког надпуњења: бољи динамички одзив, већа максимална снага мотора



Системи натпуњења дизел мотора



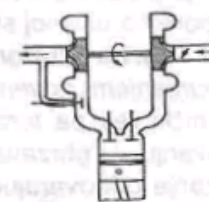
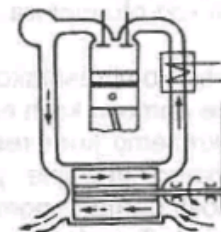
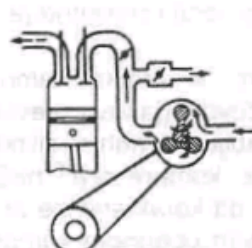
Mehanički pogon



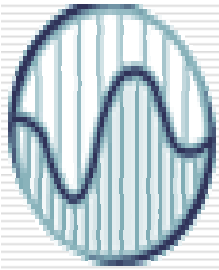
Talasno nadpunjenje



Turbo-grupa

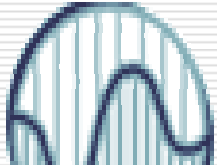


Stepen nadpunjenja	Tip motora	Pritisak nadpunjenja	Povećanje snage	Međuhlađenje vazduha
Nisko	Oto i dizel	do 1 bar	oko 1.4	Sa i bez
Srednje	Oto-sport, dizel	do 2	oko 2 puta	Vazduh-voda Vazduh-vazduh
Visoko	Samo dizel	oko 3	3 do 6	Višestepeno



Системи натпуњења дизел мотора

- Усаглашавање система сагоревања, динамике моторног механизма, као и радних карактеристика опреме
- Ефикасност система у широком радном подручју
- Оптимизација подразумева испуњење следћих општих захтева:
 - Однос ваздух/гориво мора бити подешен по условима потпуног сагоревања
 - Максимални притисци сагоревања у мотору не смеју да прекораче вредности за које је прављена и прорачуната целокупна конструкција мотора
 - Контрола степена компресије у компресору јер од њега зависи динамичност и реакција мотора на прелазним режимима, као и положај максималног обртног момента

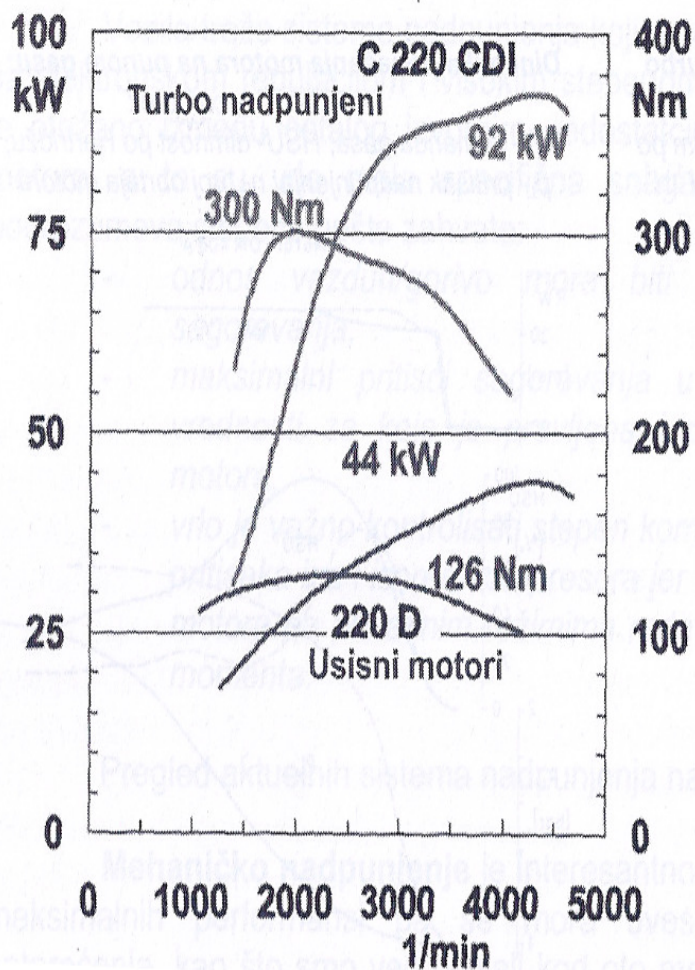


Системи натпуњења дизел мотора

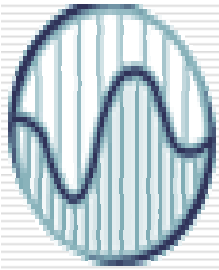
□ Врсте натпуњења

- **Механичко:** подизање динамичких својстава и максималних перформанси, повећавање угла преклопа вентила – двотактни дизел мотори
- **Таласно:** енергија издувних гасова користи се за подизање густине пуњења цилиндра (издувни гасови се уводе у ћелије кола у коме потискују ново пуњење у цилиндар, најпознатији систем Comprex).
Предности: 1.ефектно пуњење по целој радној области; 2.боља динамичност.
Недостаци:1. загревање кола и свежег пуњења (не може се користити код ото мотора); 2. већа бучност; 3.осетљив на отпоре на усисној грани.
- **Турбо-групом:** енергија издувних гасова преводи се у механички рад (турбина) којим се сабија ваздух (компресор) – *лошије карактеристике на ниским бројевима обртаја.*

Карактеристике натпуњеног дизел мотора

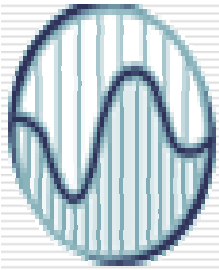


- Без већих реконструкција мотора турбо групом се може обезбедити степен натпуњења до 40% са притисцима прехрањивања до максимално 1 бар
- Екстремно високо натпуњење са више спарених турбо група користи се код специјалних намена дизел мотора
- Регулација притиска натпуњења преливним вентилима (bypass или waste gate) обавезна код возилских мотора, ради обезбеђивања што већег притиска иза компресора на ниским бројевима обртаја, а ограничење притиска на вишим бројевима обртаја да се спречи:
 - Механичко преоптерећење мотора
 - Механичко оптерећење турбоагрегата због превеликог броја обртаја
 - Термичко оптерећење турбине
 - Висока димност издувних гасова на нижим бројевима обртаја



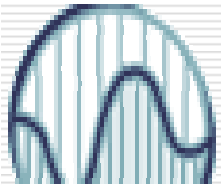
Карактеристике натпуњеног дизел мотора

- ❑ Преливни (waste gate) вентил знатно побољшава динамичке карактеристике.
- ❑ Задатак waste gate вентила (у функцији од притиска ваздуха иза компресора) → почев од неког лимита, пропушта издувне гасове директно у издувни систем (заобилазећи турбину).
- ❑ Оптимално усклађивање карактеристика турбо-компресорске групе са захтевима мотора возила.
- ❑ Најновије варијанте надпуњења → електронско управљање радом турбо-групе и електрични преливни вентил.
- ❑ За рад мотора на већим надморским висинама → додатни захтеви за рад компресора → повећање броја обртаја да се задржи општи раст односа притиска и обезбеђење потребне количине ваздуха.



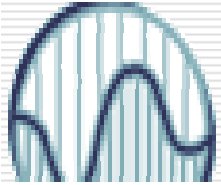
Карактеристике натпуњеног дизел мотора

- Важно → реакција мотора при раду на различитим режимима.
- Мотор полази са релативно ниског притиска надпуњења, па са повећањем оптерећења и са порастом количине убризганог горива → расте и енергија издувних гасова (релативно нагло убрзање ротора турбо-агрегата).
- Брзе промене броја обртаја ограничене → 1. моментом инерције маса ротационих елемената; 2. вишком обртног момента (на располагању на ротору турбине).
- Повећање убрзања приликом избора турбо-компресорске групе:
 - мањим моментом инерције турбо-агрегата,
 - бољим карактеристикама турбо-групе,
 - варијабилним ефективним проточним површинама турбина.



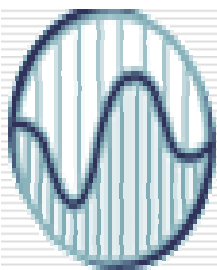
Карактеристике натпуњеног дизел мотора

- Повећање броја обртаја турбо компресора → расте количина ваздуха у каналу испред усисног вентила и у цилиндру → дозвољава повећање количине убризганог горива.
- Боље динамичке карактеристике мотора уз исти ниво димних вредности.
- Проблем → нарушавање карактеристике мотора на вишим бројевима обртаја јер:
 - расте мах притисак сагоревања у цилиндру мотора,
 - расте број обртаја турбо компресора,
 - расте негативни рад клипа при издувавању.
 - због повећаног притиска p_2 расте и температура T_2 иза компресора.
- Једновремена **електронска регулација турбо групе, преливног вентила и коректора пумпе високог притиска** обезбеђује константну карактеристику обртног момента на широком дијапазону броја обртаја

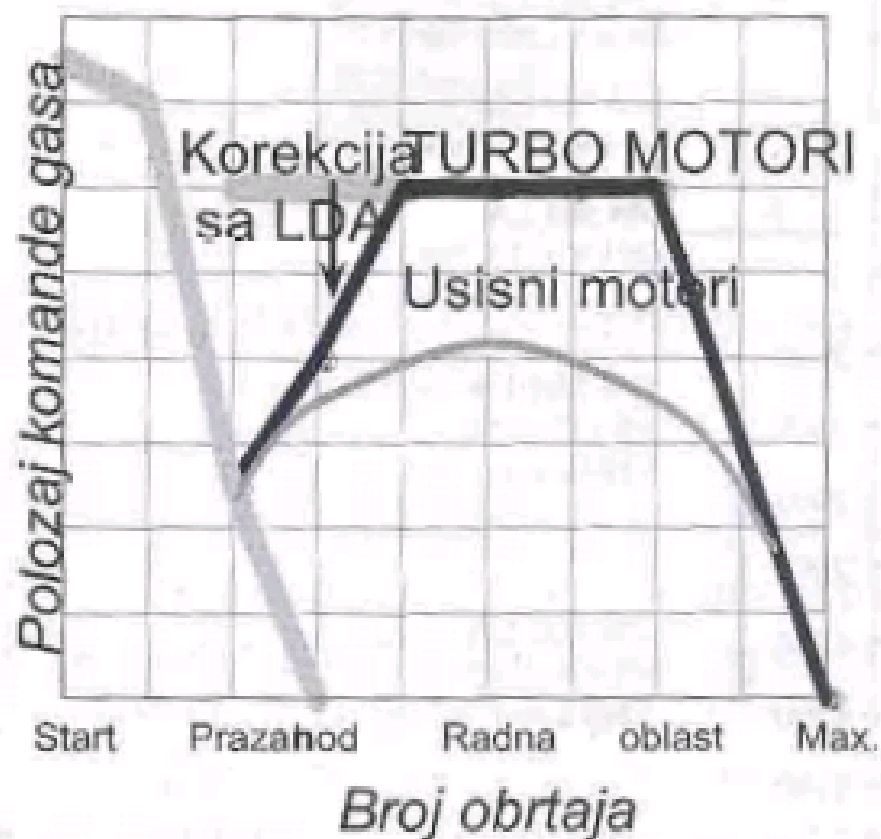


Карактеристике натпуњеног дизел мотора

- ❑ Фирма Bosch коректоре обележава са LDA (Ladedruckabhängiger Vollastanschlag – коректор максималног положаја команде гаса за моторе са надпуњењем).
- ❑ LDA коректор: 1. повећава време одзива у прелазним режимима; 2. ефектно делује на смањење димних вредности.
- ❑ Турбо мотори су бољи од усисних по: 1. сировој емисији и 2. димности.
- ❑ LDA коректор ограничава димне вредности на начин да обезбеђује исти однос ваздух/гориво током фазе убрзавања.
- ❑ Задатак LDA коректора да на празном ходу и ниским бројевима обртаја спречи нагло додавање пуног гаса.
- ❑ LDA коректор се физички изводи као додатак на страни хода зупчасте летве.

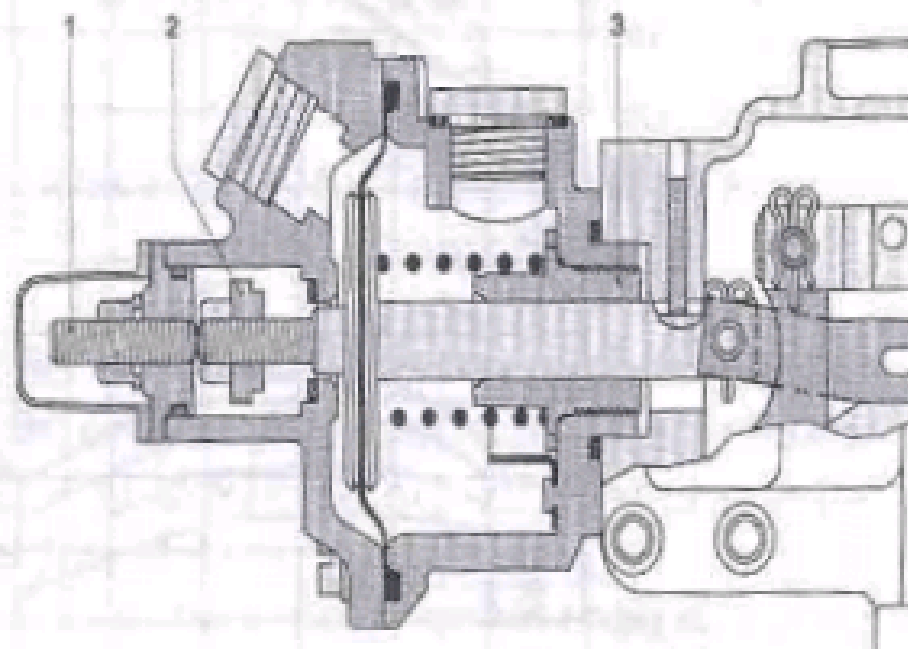


Карактеристике натпуњеног дизел мотора

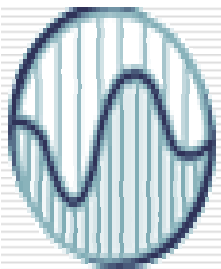


Primer izvođenja LDA korektora na sverežimskom regulatoru RQV

1- graničnik za minimalnu količinu goriva,
2-zupčasta letva, 3- priključak za LDA



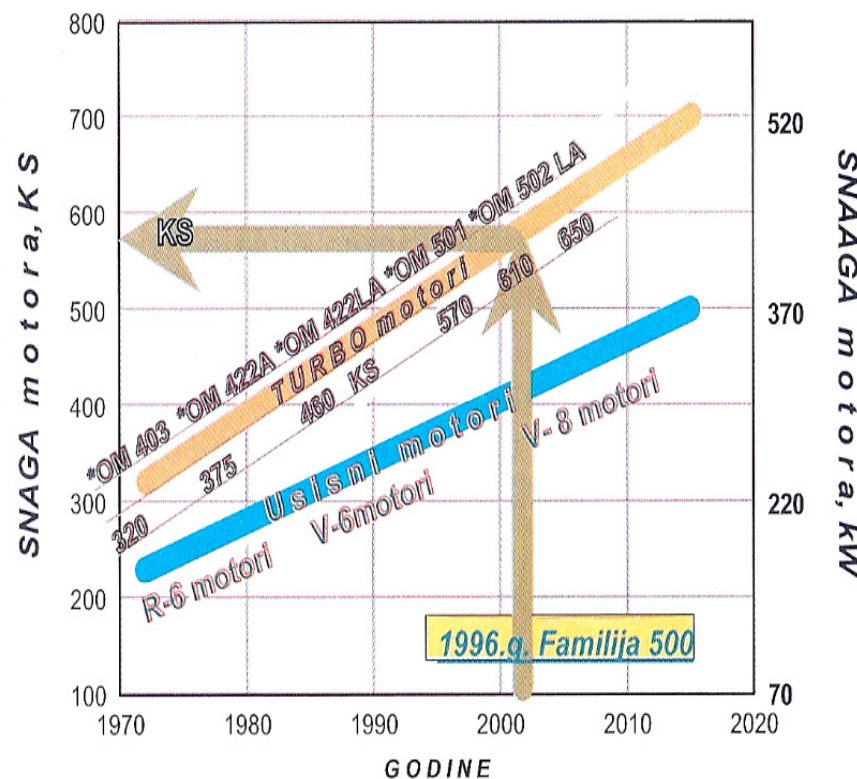
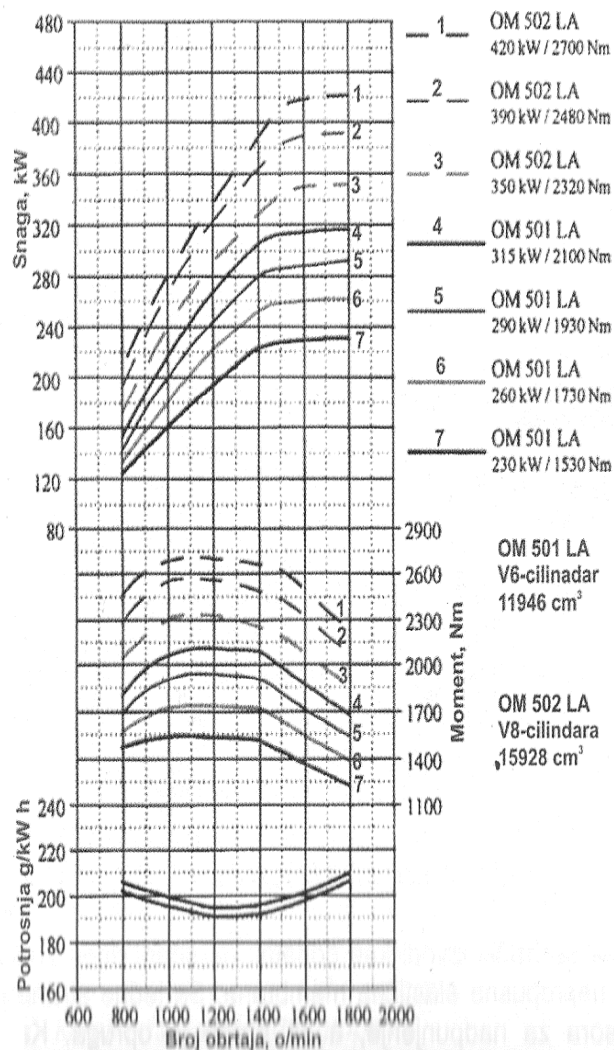
LDA корекција

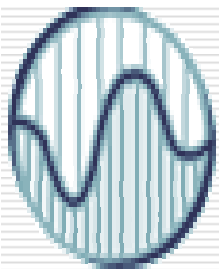


Развој дизел мотора од усисног до натпуњеног – формирање фамилије дизел мотора

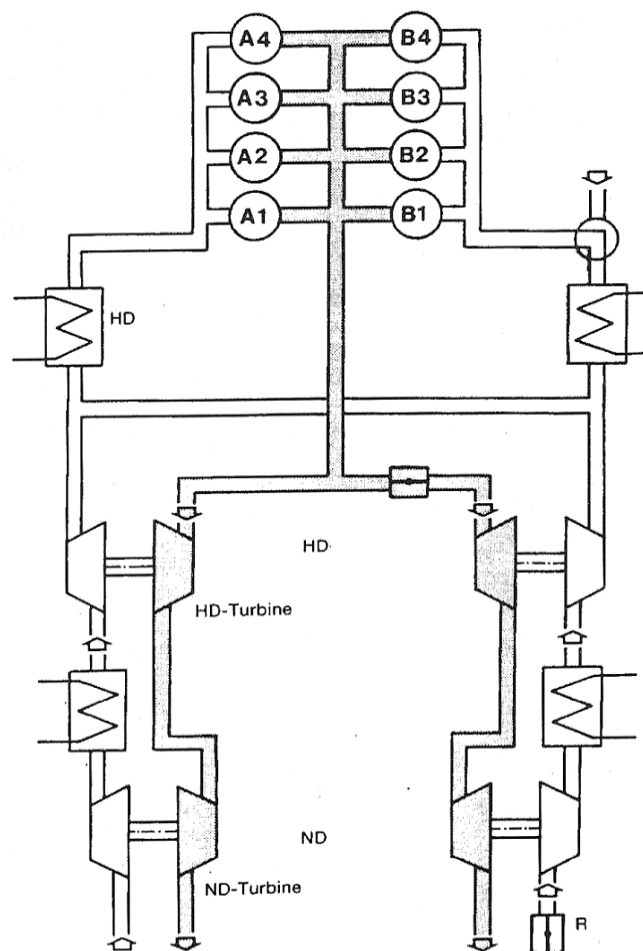
□ Правци развоја турбо група

- Усавршавање турбо агрегата
- Интензивно вишестепено хлађење ваздуха
- Комбиновано пуњење, резонантно и турбо
- Врло високо натпуњење (са више спарених турбо група)
- Будућност турбо група за сваки цилиндар

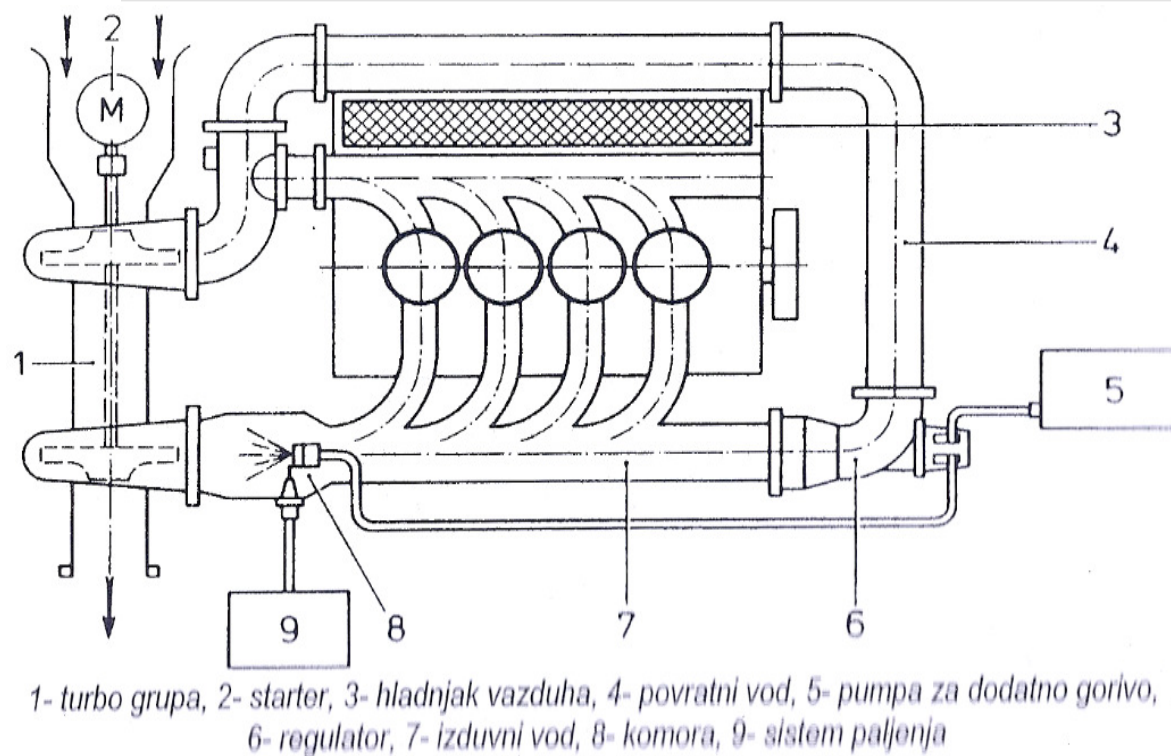




Врло високо натпуњење

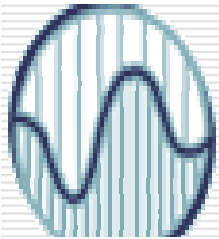


A1-A4 i B1-B4 cilindri motora, HD- visoki pritisak, ND- niski pritisak, R- komanda



HYPERBAR

ДВОСТЕПЕНО

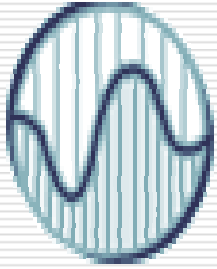


Врло високо натпуњење

- Ако је однос притисака иза и испред компресора изнад 3 и иде до 6 → *комерцијална*, а до 7 *специјална* намена мотора са надпуњењем.

ДВОСТЕПЕНО надпуњење дизел мотора

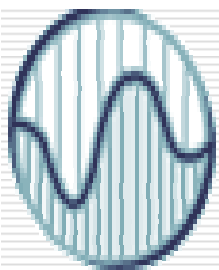
- турбо компресори постављени редно.
- Ваздух који излази из компресора високог притиска HD пролази са једне стране кроз усисне колекторе (A1 до A4 лево и B1 до B4 десно) мотора, чији је степен компресије смањен.
- Са друге стране ваздух улази кроз регулациони вентил (R) и меша се са издувним гасовима који излазе из издувног колектора мотора.
- Загрејани издувни гасови врше експанзију у турбинама високог (HD) и ниског (ND) притиска.
- Турбине HD и ND су механички везане са компресорима ниског (ND) и високог (HD) притиска, исто тако са међухладњацима ваздуха из сваког компресора.



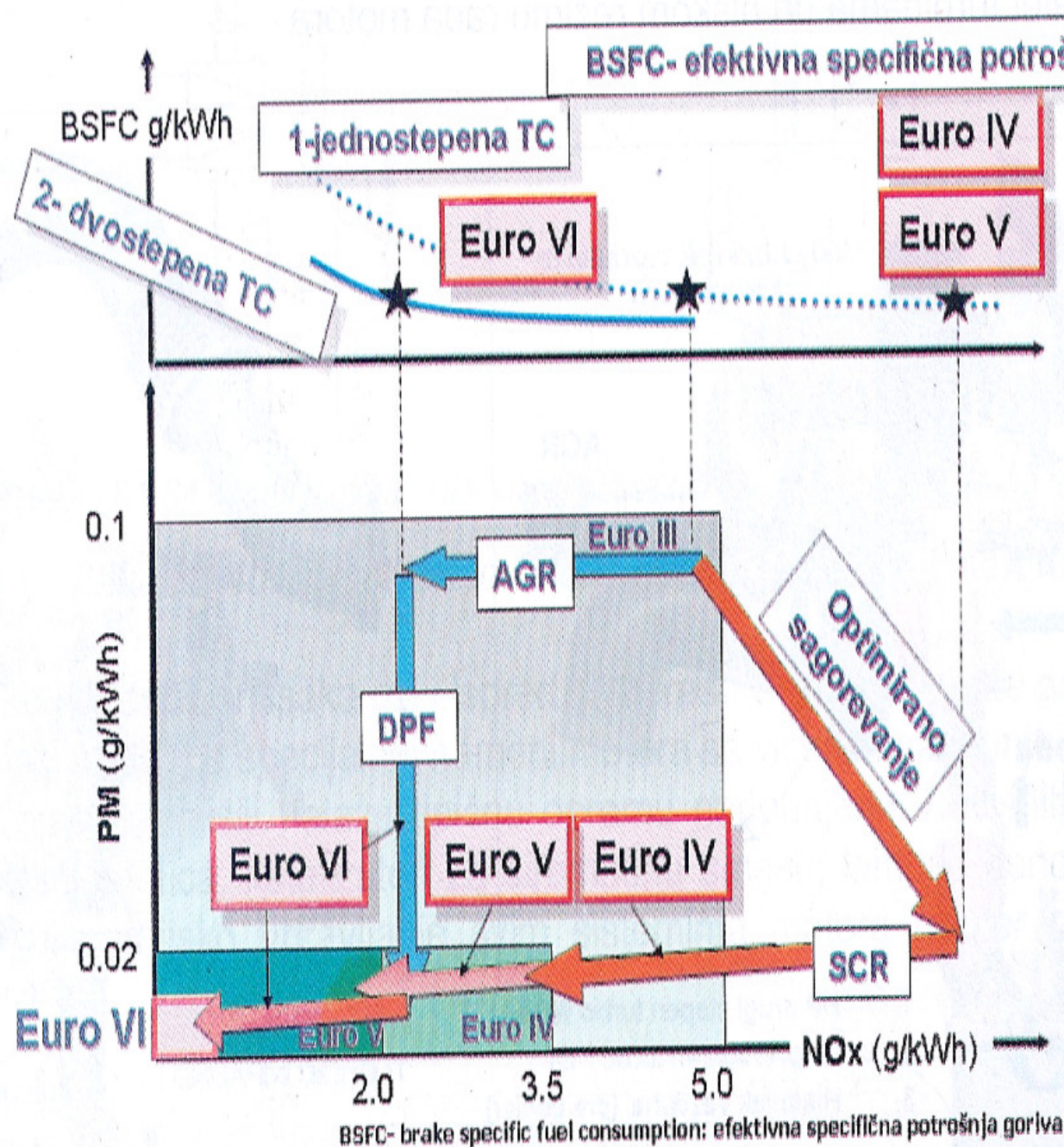
Врло високо натпуњење

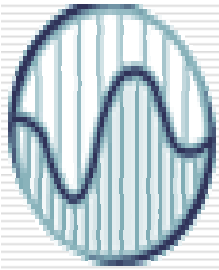
HYPERBAR надпуњење дизел мотора

- Специфичност регулациони вентил (6) и додатна комора за сагоревање (8).
- Смањује се зависност турбине од енергије издувних гасова мотора док је мотор на празном ходу.
- Сагоревање допунске количине горива у овој комори обезбеђује неопходну енергију за одржавање потребног степена надпуњења и залет турбинама при ниском режиму рада мотора.



Натпуњење и емисија дизел мотора





Натпуњење и емисија дизел мотора

- Техничка решења која задовољавају најстрожије захтеве по питању издувне емисије:
 - Оптимизација тока сагоревања са екстремно високим притисцима убризгавања
 - SCR – Selective Catalytic reduction
 - AGR – рециркулација хлађених издувних гасова
 - DPF – Diesel Particle Filter у накнадној обради издувних гасова
 - Двостепено турбо натпуњење обезбеђује да је потрошња горива (емисија CO₂) код мотора који задовољавају норму ЕУРО 6 на нивоу мотора који задовољавају норму ЕУРО 5